تأثیر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی انواع قطره چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای

جهانگیر عابدی کوپایی و عباس بختیاری فر[۱]

چکیده

بحران آب یکی از مسایل اساسی مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران است. این وضعیت در سال‌های اخیر به دلیل وقوع پدیده خشک‌سالی حادتر شده است. بنابراین استفاده از آب‌های نامتعارف، در جایی که آب با کیفیت مناسب در دسترس نیست، رو به فزونی است. یکی از این منابع، پساب شهری است ولی استفاده از آن نیاز به مدیریت خاصی دارد که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن مخاطرات زیست‌محیطی و بهداشتی را به دنبال نداشته باشد. استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای علاوه بر حل مشکل کمبود آب به طور هم‌زمان مسئله آلودگی محیط‌زیست و دفع فاضلاب را نیز مرتفع می‌نماید. ولی اصلی‌ترین مشکل در آبیاری قطره‌ای گرفتگی قطره‌چکان‌هاست که به هنگام استفاده از پساب تشدید می‌شود. برای ارزیابی و مقایسه انواع قطره‌چکان‌های متداول مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای خصوصیات هیدرولیکی چهار نوع قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خطی (اصفهان قطره)، میکروفلاپر، توربوپلاس و یوروکی که همگی دبی ۴ لیتر در ساعت داشتند استفاده شد. هر سیستم دارای یک لوله نیمه اصلی و یک لوله فرعی از جنس پلی‌اتیلن به قطرهای ۳۲ و۱۶ میلی‌متر بود. هر سیستم شامل سه زیر سیستم و هر زیر سیستم دارای چهار لوله فرعی بود که روی هر لوله فرعی تعداد ۱۶ عدد از هر کدام از قطره‌چکان‌های مورد آزمایش نصب شد. زمان کار روزانه سیستم‌ها ۶ ساعت در نظر گرفته شد.

نتایج نشان دادکه هم کیفیت آب و هم نوع قطره‌چکان در کاهش دبی مؤثر است. استفاده از پساب، باعث کاهش بیشتر دبی قطره‌چکان‌ها شده که اثر آن درکاهش دبی در مقایسه با استفاده از آب زیرزمینی در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. کاهش دبی قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خطی در هر کیفیت آب نسبت به دیگر قطره‌چکان‌ها بیشتر بوده که اختلاف آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. برای پساب، هم در ابتدا و هم در انتهای آزمایش‌ها قطره‌چکان‌های یوروکی و طولانی مسیر داخل خطی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین یک‌نواختی پخش بودند. برای آب زیرزمینی در شروع آزمایش‌ها قطره‌چکان یوروکی بیشترین و قطره‌چکان توربوپلاس کمترین یک‌نواختی پخش را داشت و در انتهای آزمایش‌ها بیشترین و کمترین یک‌نواختی پخش را به ترتیب قطره‌چکان‌های یوروکی و طولانی مسیر داخل خطی داشتند. در مجموع، قطره‌چکان یوروکی به هنگام استفاده از آب چاه بیشترین یک‌نواختی پخش و قطره‌چکان داخل خط به هنگام استفاده از پساب کمترین یک‌نواختی پخش را داشت. حساسیت قطره‌چکان‌های میکروفلاپر و توربوپلاس به تغییر فشار بسیار کم است. این موضوع برتری این قطره‌چکان‌ها را برای کاربرد در اراضی شیب‌دار و با توپوگرافی نامناسب نسبت به دیگر قطره‌چکان‌های مورد بررسی نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: *آبیاری با پساب، خصوصیات هیدرولیکی قطره چکان‌ها، سیستم آبیاری قطره‌ای*

---

۱. به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت جهان، همگام با گسترش فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی برای تأمین مواد غذایی از یک سو و خشک‌سالی‌های پی در پی در سال‌های اخیر از سوی دیگر، موجب شده است که منابع موجود آب‌های شیرین سطحی در اکثر کشورهای واقع در کمربند مناطق خشک به اوج بهره‌برداری خود برسد و بالطبع فشار بیش از اندازه به منابع آب وارد آید. یکی از راه‌کارهای اصلی برای مقابله با مسئله بحران آب، کاربرد زنجیره‌ای آب متناسب با تغییر کیفیت آن در بخش‌های متنوع مصرف می‌باشد. راه حل دیگر، استفاده بهینه از آب‌های متعارف و نامتعارف موجود و کاربرد سیستم‌های آبیاری کارا و با بازده بالاست (۶،۴ و۹). از طرف دیگر توسعه شهرنشینی و صنعتی شدن، باعث تولید حجم عظیمی از فاضلاب شده که مشکل اصلی در این زمینه چگونگی دفع فاضلاب است به طوری که مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را به دنبال نداشته باشد. بررسی‌ها نشان داده که یکی از بهترین شیوه‌های دفع پساب فاضلاب، کاربرد آن در کشاورزی است. کاربرد فاضلاب در کشاورزی نیازمند مدیریت خاصی است که ضمن بهره‌گیری مطلوب از آن، مخاطرات زیست محیطی و بهداشتی را در خاک، گیاه و منابع آبی سطحی و زیرزمینی نداشته باشد (۱ و۱۳). از بین روش‌های مختلف آبیاری، روش آبیاری قطره‌ای، بهترین روش برای کاربرد پساب است.آبیاری قطره‌ای نخست در سال ۱۸۶۰ در آلمان، به‌عنوان یک روش مناسب برای آبیاری گیاهان ارائه شد. ولی توسعه این روش تا بعد از جنگ جهانی دوم و ساخت لوله‌های پلی اتیلن از نظر اقتصادی عملاً غیرممکن بود (۱۷).

استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای مشکل پخش پاتوژن‌ها در هوا توسط باد سطحی در روش آبیاری بارانی و نیز خطر تماس گیاه و کارگر با پساب در روش آبیاری سطحی را ندارد. میزان آلودگی خاک سطحی و گیاهان در روش آبیاری قطره‌ای در صورت استفاده از پساب در مقایسه با روش‌های دیگر آبیاری حداقل می‌باشد.

محققین مختلفی در رابطه با عوامل مؤثر بر دبی و یک‌نواختی پخش قطره چکان‌ها بررسی و تحقیق نموده‌اند و نظرهای متفاوتی را برای انجام این کار ارائه کرده‌اند (۱۰و۱۲). در مدلی که سولومون در سال ۱۹۸٤ ارائه نمود عوامل مختلفی که یک‌نواختی پخش را تحت تأثیر قرار می‌دهند، در نظر گرفته شد (۲٤). این عوامل عبارت بودند از تغییرات فشار به دلیل تغییرات ارتفاع یا افت فشار اصطکاکی لوله‌های شبکه آبیاری، تغییرات جزیی یا کلی درجه حرارت آب، عکس العمل قطره چکان‌ها در برابر این تغییرات، تغییرات ساخت قطره چکان‌ها و شیرهای کنترل کننده فشار، تعداد قطره چکان‌ها برای هر درخت و میزان گرفتگی قطره چکان‌ها. طبق بررسی‌های تیلور (۱۹۹۲)، کارایی قطره‌چکان‌ها، بیشتر به نوع قطره‌چکان وابسته است تا کیفیت آب مورد مصرف. وی پس از مقایسه قطره‌چکان‌هایی که با پساب و آب آبیاری کار می‌کردند، بیان کرد که قطره‌چکان‌هایی که با آب آبیاری کار می‌کردند از کارایی بهتری برخوردار بودند، ولی این برتری معنی‌دار نبود (۲۵). تیلور و همکاران(۲٦) در سال ۱۹۹۵ برای بررسی علت گرفتگی قطره‌چکان‌ها به هنگام استفاده از پساب، یک طرح آبیاری در جنوب غربی پرتغال اجرا کردند. آنها در عملیاتی صحرایی و در دوره‌ای بالغ بر دو فصل زراعی، خصوصیات کاربردی پنج نوع قطره‌چکان را بررسی کردند. میزان حساسیت آنها نسبت به گرفتگی و ماهیت ذرات عامل گرفتگی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و اعلام کردند که انسداد قطره‌چکان‌ها حاصل انباشتگی و به دام افتادن ذرات ماسه در مسیر قطره‌چکان بوده و مواد آلی شامل جلبک‌های برکه‌ای در این فرایند نقش ثانویه داشته و نوع قطره‌چکان در مقایسه با کیفیت آب نقش مهم‌تری در ایجاد گرفتگی داشت. این بررسی‌ها هم‌چنین نشان داد که ذرات ماسه با قطر ۱۰۸۰-۳۶۰ میکرومتر علت اصلی گرفتگی در اکثریت قریب به اتفاق قطره‌چکان‌های مسدود مورد آزمایش بود. در ۷۹ درصد از قطره‌چکان‌های مسدود شده که از آب آبیاری فیلتر شده استفاده می‌کردند، ذرات ماسه تنها عامل قابل رؤیت گرفتگی

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

قطره‌چکان‌ها بوده و در این بین ذرات بیولوژیکی باعث کاهش جریان در ۸ درصد قطره‌چکان‌ها شده بود. ولی در قطره‌چکان‌هایی که با پساب خروجی از برکه‌های تثبیت کار می‌کردند، عامل گرفتگی ترکیب متفاوتی را نشان می‌داد. به گونه‌ای که ذرات ذرات ماسه تنها در ۶ درصد از موارد باعث گرفتگی بوده و در ۹۰ درصد از مواد لایه‌های بیولوژیکی باعث چسبیدن ذرات ماسه و دانه‌ها و بستن مسیر جریان شدند.

ترویین و همکاران(۲۷) با بررسی عملکرد پنج نوع قطره‌چکان با دبی‌های ۰/۵۷، ۰/۹۱، ۱/۵، ۲/۳ و ۳/۵ لیتر در ساعت که طی دو فصل زراعی ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ با آب حوضچه‌های تثبیت فاضلاب کار می‌کردند، به این نتیجه رسیدند که دو قطره‌چکانی که کمترین دبی را داشتند، دچار گرفتگی شدند. میزان کاهش دبی در سال ۱۹۹۸ برای قطره‌چکان‌های ۰/۵۷ و ۰/۹۱ لیتر در ساعت به ترتیب ۱۵٪ و ۱۱٪ بوده که در سال ۱۹۹۹ این مقادیر به ترتیب به ۲۱/۵ ٪ و ۱۳/۷٪ افزایش یافتند. ولی گرفتگی در سه نوع دیگر ناچیز بود و میزان کاهش دبی در آنها در طی دو فصل ۴٪ و یا کمتر بوده است. راوینا و همکاران (۲۳ و ۲۲) بیان کردند که میزان حساسیت قطره‌چکان‌های مختلف به گرفتگی متفاوت است و اگرچه برای یک نوع قطره‌چکان خاص، (قطره‌چکانی که دبی کمتری دارد) معمولاً حساسیت آن به گرفتگی بیشتر است ولی رابطه مستقیمی بین میزان گرفتگی و دبی قطره‌چکان‌ها وجود ندارد. آنها هم‌چنین بیان کردند که روند گرفتگی قطره‌چکان‌ها معمولاً از قطره‌چکانی که در انتهای لوله فرعی قرار دارد شروع می‌شود و یادآور شدند که عمل کلر زنی برای تصفیه، تا زمانی که گرفتگی قطره‌چکان‌ها خیلی زیاد نشده باشد، تأثیر زیادی دارد.

راونیا و همکاران(۲۳) با بررسی گرفتگی فیلترها و قطره‌چکان‌ها به هنگام استفاده از پساب مخازن روباز و بررسی امکان رفع مشکل گرفتگی به نتایج زیر رسیدند.

- عمل کلر زنی به هنگام استفاده از پساب به منظور جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها ضروری است.
- طول زیاد لوله فرعی و سرعت کم جریان باعث افزایش گرفتگی قطره‌چکان‌ها می‌شود. ولی گرفتگی قطره‌چکان‌ها بیشتر تحت تأثیر سرعت جریان است.
- در سرعت‌های کم ($< ۰/۵ \ ms^{-1}$) رشد بیولوژیکی در دیواره لوله‌ها صورت می‌گیرد.
- سیستم‌هایی که به هنگام زمستان جمع آوری شده‌اند، به دلیل خشک شدن مواد درون آنها، به هنگام راه‌اندازی دوباره سیستم در اثر تکان خوردن، ذرات عامل گرفتگی درون لوله‌ها، از آن جدا می‌شود که در این حالت شستشوی لوله‌های فرعی بسیار مؤثر خواهد بود.

آنها هم‌چنین با مقایسه تأثیر فیلترهای مختلف (شنی، توری، دیسکی) در کاهش گرفتگی قطره‌چکان‌ها بیان داشتند که کارایی فیلتر شنی بخصوص برای قطره‌چکان‌های حساس، از همه بیشتر بوده است.

آدین و ساکس(۱٤) پس از بررسی سه نوع قطره‌چکان گزارش دادند که انسداد قطره‌چکان‌هایی که پساب استفاده می‌کنند نخست به وسیله ذرات جامد صورت می‌گیرد ولی این لزوماً مرحله اول گرفتگی نیست و سرعت گرفتگی بیشتر تحت تأثیر اندازه ذرات است تا مقدار ذرات و بیان کردند که جلبک‌ها زمانی عامل گرفتگی می‌شوند که به ذرات دیگر بچسبند. آنها هم‌چنین بیان کردند که ترکیب‌های شیمیایی رسوبات موجود در قطره‌چکان‌ها با تغییر فصل تغییر می‌کند، بدین صورت که در زمستان (فصل مرطوب) و بهار عامل گرفتگی بیشتر آلومینیوم و سیلیکون بوده در حالی که در تابستان (فصل خشک) و پاییز درصد بالایی از فسفر و کلسیم در قطره‌چکان‌ها مشاهده شد. چنینی و همکاران (۱۷) در سال ۲۰۰۱ تأثیر پساب بر عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌های مختلف را بررسی نمودند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که قطره‌چکان‌های آبفشان پایه‌دار و جبران‌کنندهٔ فشار، بسیار به گرفتگی حساسیت دارند. در پژوهشی که روی مشخصه‌های هیدرولیکی قطره چکان‌های مورد استفاده در کشور، انجام شد، مشخص گردید که بیش از نیمی از آنها از استاندارد قابل قبول برای استفاده در سیستم آبیاری تحت فشار برخوردار نیستند. برخی از قطره چکان‌ها با

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

آن‌که از نوع جبران کننده فشارند به‌صورت یک قطره چکان کنگره‌ای غیر جبران کننده فشار و قطره چکان کنگره‌ای از نوع بلند مسیر مانند یک قطره چکان تنظیم کننده فشار ولی با دبی ۱۰ لیتر در ساعت (به جای ۴ لیتر در ساعت) عمل می‌نماید (۲).

در پژوهش حاضر اثر پساب تصفیه شده بر خصوصیات هیدرولیکی خروجی‌ها بررسی شد. اهداف این پژوهش عبارت‌اند از:

- بررسی امکان استفاده از قطره‌چکان‌های موجود در بازار کشور برای کاربرد پساب
- مقایسه کارایی قطره‌چکان‌ها به هنگام کاربرد پساب و آب زیرزمینی (آب چاه)

مواد و روش‌ها

برای دست‌یابی به اهداف تحقیق، دو سیستم آبیاری قطره‌ای در محل مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طراحی، نصب و راه‌اندازی شد. در ابتدا سیستم‌های مرکز کنترل شامل پمپ، شیر یک طرفه، هیدروسیکلون، فیلتر شنی، فیلتر توری، شیر فلکه و فشارسنج نصب گردید. هر سیستم دارای یک لوله نیمه اصلی و یک لوله فرعی از جنس پلی‌اتیلن به قطرهای ۳۲ و۱۶ میلی‌متر بود. برای ارزیابی و مقایسه انواع قطره‌چکان‌های متداول مورد استفاده در سیستم‌های آبیاری قطره‌ای از چهار نوع قطره‌چکان طولانی مسیر داخل خطی(In Line & Long path emitter) (اصفهان قطره)، میکروفلاپر(Micro flapper)، توربوپلاس(Turbo plus) و یوروکی(Euro key) که همگی دبی ۴ لیتر در ساعت داشتند استفاده گردید. هر سیستم شامل سه زیر سیستم و هر زیر سیستم دارای چهار لوله فرعی بود که روی هر لوله فرعی تعداد ۱۶ عدد از هر کدام از قطره‌چکان‌های مورد آزمایش در فواصل ۳۰ سانتی‌متری نصب گردید. قطره‌چکان توربوپلاس از نوع تنظیم کننده فشار بود. فشار کاربردی سیستم معادل یک اتمسفر یا ارتفاع معادل فشار ۱۰ متر آب انتخاب گردید. دوره آزمایش‌ها از ۲۵ شهریور تا ۱۵ اسفند بود که از ۲۵ شهریور تا ۱۵ آذر آزمایش‌های آب چاه و از ۲۰ آذر تا ۱۵ اسفند آزمایش‌های پساب انجام شد. زمان کار روزانه سیستم ۶ ساعت در نظر گرفته شد.

در این پژوهش از دو نوع آب، پساب تصفیه‌خانه فاضلاب شاهین‌شهر و آب چاه منطقه، استفاده گردید. به منظور بررسی روند تغییرهای دبی قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر کیفیت آب در هر آزمایش، دبی هر یک از قطره‌چکان‌ها از طریق تقسیم حجم آب جمع شده در ظرف زیر قطره‌چکان به زمانی که آب در ظرف جمع شده است، محاسبه گردید. پس از جمع‌آوری اطلاعات، پارامترهای یک‌نواختی پخش، یک‌نواختی پخش مطلق، ضریب یک‌نواختی کریستیانسن، یک‌نواختی آماری و x توان فشار در معادله دبی از روابط ۱ تا ۹ محاسبه گردید. با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS[10] تأثیر کیفیت آب و نوع قطره‌چکان بر درصد کاهش دبی، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

یک‌نواختی پخش

یک‌نواختی پخش، اساسی‌ترین عامل تأثیرگذار بر بازده کاربرد آب در آبیاری قطره‌ای است. برای بیان یک‌نواختی پخش از معیارهای مختلفی استفاده می‌شود. کارملی و کلر برای یک‌نواختی پخش رابطه ۱ را ارائه کردند (۱۹).

$$EU = ۱۰۰\frac{q_n}{q_a} \qquad [۱]$$

EU = یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها بر حسب درصد

q_n = میانگین یک چهارم کمترین شدت دبی قطره‌چکان‌ها بر حسب لیتر در ساعت

q_a = میانگین شدت دبی قطره‌چکان‌ها بر حسب لیتر در ساعت

کلر و کارملی در سال ۱۹۷٤ پارامتر یک‌نواختی پخش مطلق (EU_a) را که در برگیرندهٔ مقادیر میانگین، بیشترین و کمترین مقادیر دبی قطره‌چکان‌هاست به صورت زیر معرفی کردند (۱۹).

$$EU_a = ۵۰(\frac{q_n}{q_a} + \frac{q_a}{q_x}) \qquad [۲]$$

که در آن:

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

EU_a = یک‌نواختی پخش مطلق بر حسب درصد

q_x = متوسط یک هشتم بیشترین مقادیر شدت دبی قطره چکان‌ها بر حسب لیتر در ساعت

بقیه پارامترها در رابطه ۱ معرفی شده‌اند.

کریستیانسن(۱۸) معادله زیر را برای محاسبه ضریب یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها ارائه کرده است.

$$U_c = ۱۰۰[۱-(\frac{۱}{nq_a})\sum_{i=۱}^{n}|q_i - q_a|] \qquad [۳]$$

U_c = ضریب یک‌نواختی کریستیانسن بر حسب درصد

n = تعداد مشاهدات

q_i = دبی هر قطره‌چکان

q_a = متوسط دبی قطره‌چکان‌ها

وقتی که ضریب یک‌نواختی بزرگ‌تر از ۷۰ درصد باشد اطلاعات به‌دست آمده از آزمایش یک توزیع نرمال بوجود می‌آورد و اندازه‌گیری‌ها نسبت به میانگین نسبتاً قرینه هستند. در این صورت میزان یک‌نواختی پخش را می‌توان از معادله زیر به‌دست آورد (۵).

$$DU = \frac{\text{میانگین ۱/۲ کمترین عمق‌های آب دریافتی}}{\text{میانگین تمام عمق‌های دریافتی}} \qquad [۴]$$

که در آن DU یک‌نواختی پخش می‌باشد.

انجمن مهندسین کشاورزی آمریکا (ASAE) برای محاسبه ضریب تغییرات یک سیستم یا زیر واحد آبیاری و یک‌نواختی آماری دبی قطره‌چکان‌ها معادلات زیر را ارائه داده است(۱۶).

$$V_{qs} = \frac{S_q}{q_a} \qquad [۵]$$

$$S_q = \left\{\frac{۱}{n-۱}\left[\sum_{i=۱}^{n} q_i^۲ - \frac{۱}{n}(\sum_{i=۱}^{n} q_i)^۲\right]\right\}^{۱/۲} \qquad [۶]$$

و

$$U_s = ۱۰۰ (۱- V_{qs}) \qquad [۷]$$

در این معادله‌ها:

V_{qs} = ضریب تغییرهای زیر واحد یا سیستم

S_q = انحراف معیار دبی قطره‌چکان‌ها

U_s = یک‌نواختی آماری دبی قطره‌چکان‌ها

معادله دبی- فشار

پیش‌بینی وضعیت تغییرات دبی قطره‌چکان ناشی از تغییرهای فشار در سیستم آبیاری قطره‌ای به کمک معادله زیر که توسط کارملی و همکاران در سال ۱۹۷۴ ارائه شده است، انجام می‌گیرد (۱۹).

$$q = k_d H^x \qquad [۸]$$

که در این معادله:

q = دبی قطره‌چکان

k_d = ضریب ثابت قطره‌چکان

h = بار فشاری قطره‌چکان

x = نمای فشار در معادله دبی

در معادله ۸ برای به‌دست آوردن مقادیر h و x می‌توان در دو فشار مختلف ($q_۱$ و $q_۲$) مقادیر دبی مربوطه ($q_۱$ و $q_۲$) را اندازه‌گیری کرد و با استفاده از معادله رگرسیون خطی روی لگاریتم دبی و فشار مقادیر آنها را به‌دست آورد:

$$\text{Log}(q_۱) = x \log(h_۱) + \log(kd)$$

$$\text{Log}(q_۲) = x \log(h_۲) + \log(kd)$$

مقدار x از معادله زیر قابل محاسبه است و در نهایت می‌توان با استفاده از معادله قبلی مقدار k_d را محاسبه نمود(۸).

$$x = \frac{\log(q_۱/q_۲)}{\log(h_۱/h_۲)} \qquad [۹]$$

به روش ترسیمی نیز می‌توان مقدار x را به‌دست آورد که در آن x شیب خط h در برابر q روی کاغذ لگاریتمی است.

نتایج و بحث

در این پژوهش خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب و هم‌چنین برخی خصوصیات شیمیایی و آلودگی آب چاه تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۱ درج گردیده است. به جز کبالت که مقدار آن خارج از محدوده استاندارد تعیین شده توسط سازمان محیط زیست ایران و استاندارد ارائه شده توسط فائو می‌باشد، بقیه پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده، مربوط به

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول ۱. میانگین پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و آلودگی پساب تصفیه‌خانه شاهین‌شهر و آب چاه

پارامترهای اندازه‌گیری شده		واحد	آب چاه	پساب	مرز استاندارد [1] آلوده‌کننده‌ها در پساب برای بهره‌گیری درآبیاری (mg/L)	گستره مجاز آب [2] آبیاری برای استفاده مداوم در کلیه خاک‌ها
اکسیژن مورد نیاز بیوشیمیایی	(BOD)	mg/L	–	۳۴/۵	۱۰۰	–
اکسیژن مورد نیاز شیمیایی	(COD)	″	–	۷۰	۲۰۰	–
کل مواد جامد معلق	(TSS)	″	–	۳۲	۱۰۰	–
اکسیژن محلول	(DO)	″	–	۲/۵	۲	–
درجه حرارت	(T)	^{o}C	۱۸	۱۶/۵	–	–
پ ـ هاش	(pH)	–	۷/۷	۸/۴	۶/۵–۸/۵	–
هدایت الکتریکی	(EC)	ds/m	۶/۴۶	۱/۹	–	–
کلیفرم		$N/100^{mL}$	–	۲/۳+E۱۲	–	–
ازت آمونیاکی	($N\text{-}NH_4$)	(meq/L)	۰/۰۰۲	۰/۰۳۶	–	–
	K^{+}	″	۰/۶۴	۰/۵۱	–	–
	pO_4^{---}	″	۰	۰/۲۸	–	–
	Na^{+}	″	۳۴/۷۸	۹/۵۷	–	–
	Ca^{++}	″	۱۷/۲	۳/۷	–	–
	Mg^{++}	″	۱۳/۶	۲/۲	۱۰۰	–
	C_1^{-}	″	۳۸/۲۵	۷/۵	۶۰۰	–
	SO_4^{---}	″	۱۳	۱/۵	۵۰۰	–
	HCO_3^{-}	″	۳	۷/۵		–
آهن	(Fe)	mg/L	۰/۰۹	۰/۰۳	۳	۵
مس	(Cu)	″	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۲	۰/۲
منگنز	(Mn)	″	۰/۰۳	۰/۰۴	۱	۰/۲
روی	(Zn)	″	۰/۰۱	۰/۰۱	۲	۲
نیکل	(Ni)	″	۰/۱۱	۰/۰۳	۲	۰/۲
کادمیوم	(Cd)	″	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۰۱
کبالت	(Co)	″	۰/۱	۰/۱۴	۰/۰۵	۰/۰۵
سرب	(Pb)	″	۰/۱۴	۰	۱	۵
کرم	(Cr)	″	۰/۰۲	۰/۰۱	–	۰/۱

۱. برگرفته شده از سازمان حفاظت محیط زیست ایران، ۱۳۷۳ (۳)
۲. برگرفته از فائو، ۱۹۸۵ (۲۰و۲۱)

پساب و آب چاه، در محدوده مجاز تعیین شده قرار دارند.

مقدار یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها برای پساب تصفیه شده و آب زیرزمینی در شروع و انتهای آزمایش‌ها با استفاده از معادله‌های ۲ تا ۷ محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. ملاحظه می‌شود که یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها تحت تأثیر عوامل کیفیت آب و نوع قطره‌چکان قرار دارد. بدین معنی که هم با تغییر نوع آب و هم با تغییر نوع قطره‌چکان، یک‌نواختی پخش تغییر می‌کند. برای آب زیرزمینی در شروع آزمایش‌ها قطره‌چکان یوروکی بیشترین و قطره‌چکان توربوپلاس کمترین یک‌نواختی پخش را داشت و در انتهای آزمایش‌ها بیشترین و کمترین یک‌نواختی پخش را به ترتیب قطره‌چکان‌های یوروکی و طولانی مسیر داخل خطی داشتند.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول ۲. یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها برای پساب و آب زیرزمینی در شروع و انتهای آزمایش‌ها

قطره‌چکان	پارامتر	نوع آب			
		آب زیرزمینی		پساب	
		شروع آزمایش‌ها	انتهای آزمایش‌ها	شروع آزمایش‌ها	انتهای آزمایش‌ها
یوروکی	EU	۹۷/۷۱	۹۲/۰۲	۹۶/۷۳	۸۵/۳۰
	EU_a	۹۷/۸۱	۹۰/۲۲	۹۴/۷۷	۸۱/۷۶
	U_s	۹۸/۳۱	۹۰/۶۲	۹۶/۱۰	۸۸/۲۳
	DU	۹۸/۷۶	۹۴/۲۱	۹۷/۵۲	۸۹/۶۱
	U_c	۹۸/۷۸	۹۴/۹۴	۹۷/۲۱	۸۸/۲۵
توربوپلاس	EU	۹۵/۱۵	۸۷/۴۳	۹۳/۱	۸۰/۶۲
	EU_a	۹۵/۲۹	۸۵/۸۵	۹۳/۰۱	۷۱/۵۸
	U_s	۹۵/۹۷	۷۹/۴۵	۹۳/۵۲	۷۷/۵۱
	DU	۹۶/۷۱	۹۱/۳۰	۹۵/۷۰	۸۳/۰۶
	U_c	۹۶/۳۲	۸۸/۹۵	۹۶/۲۹	۸۱/۷۲
داخل خط	EU	۹۷/۴۶	۸۸/۳۰	۹۲/۲۷	۷۹/۳۷
	EU_a	۹۷/۵۴	۸۶/۵۹	۹۰/۵۴	۶۷/۴۳
	U_s	۹۷/۸۵	۸۲/۱۲	۹۱/۷۱	۷۲/۳۳
	DU	۹۸/۰۷	۹۶/۰۶	۹۲/۸۸	۸۲/۱۰
	U_c	۹۸/۰۴	۸۸/۱۶	۹۲/۹۰	۷۸/۱۸
میکروفلاپر	EU	۹۵/۳۷	۸۹/۸۳	۹۵/۴۰	۸۱/۳۴
	EU_a	۹۵/۴۲	۸۷/۶۶	۹۵/۷۶	۷۶/۱۶
	U_s	۹۶/۵۱	۸۲/۴۱	۹۶/۶۴	۷۵/۸۱
	DU	۹۷/۳۰	۹۲/۱۴	۹۷/۲۳	۸۴/۲۵
	U_c	۹۶/۶۵	۸۸/۴۴	۹۶/۵۱	۸۳/۴۱

برای پساب، هم در ابتدا و هم در انتهای آزمایش‌ها قطره‌چکان‌های یوروکی و طولانی مسیر داخل خطی به ترتیب دارای بیشترین و کمترین یک‌نواختی پخش بودند. در مقایسه بین دو نوع آب مورد استفاده در این پژوهش، پساب تأثیر بیشتری در کاهش یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها داشته است. در مجموع، قطره‌چکان یوروکی به هنگام استفاده از آب چاه بیشترین یک‌نواختی پخش و قطره‌چکان داخل خط به هنگام استفاده از پساب کمترین یک‌نواختی پخش را داشت.

معادله دبی- فشار

مقادیر x و K_d برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی از معادله‌های ۸ و ۹ محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۳ ارائه شده است. به طور کلی هر چه مقدار x کوچک‌تر باشد، حساسیت قطره‌چکان به تغییر فشار کمتر می‌باشد. در قطره‌چکان‌های کاملاً تنظیم کننده فشار مقدار x صفر ودر قطره‌چکان‌های با رژیم آرام مقدار x یک می‌باشد. مقدار x برای قطره‌چکان‌های طولانی مسیر داخل خطی، یوروکی، میکروفلاپر و توربوپلاس به ترتیب ۰/۶۶، ۰/۶۴، ۰/۱ و ۰/۰۱ است. بنابراین حساسیت قطره چکان‌های میکروفلاپر و توربوپلاس به تغییر فشار بسیار کم و در دامنه وسیعی از تغییرات، فشار دبی آنها نسبتاً یک‌نواخت است. این موضوع برتری این قطره‌چکان‌ها را برای کاربرد در اراضی شیب‌دار و با توپوگرافی نامناسب نسبت به دیگر قطره‌چکان‌های مورد بررسی نشان می‌دهد.

اثرکیفیت آب بر درصد کاهش دبی قطره‌چکان‌ها

برای بررسی تأثیر کیفیت آب بر کاهش دبی قطره‌چکان‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS ۱۰ استفاده شد. تجزیه و تحلیل‌ها با بهره‌گیری

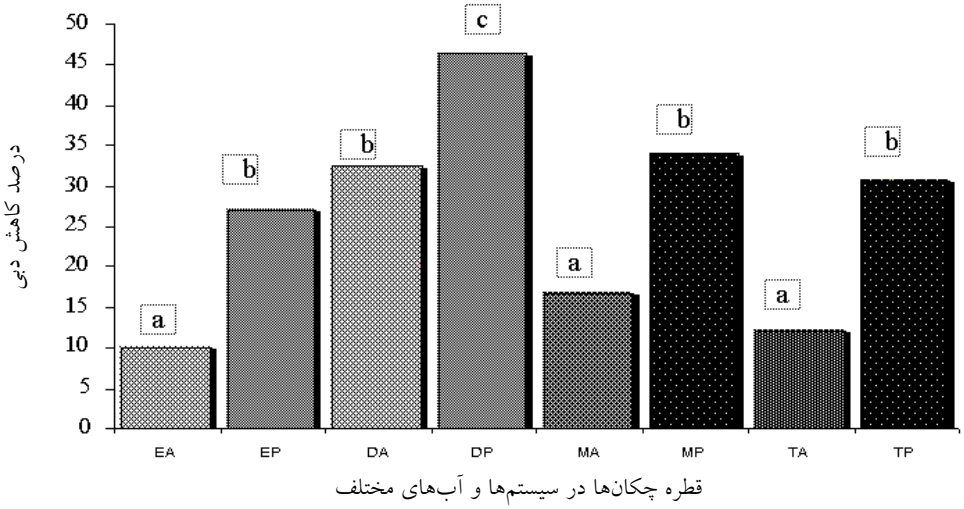
[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

جدول ۳. پارامترهای معادله دبی ـ فشار برای قطره‌چکان‌های مورد بررسی

پارامتر	نوع قطره‌چکان			
	داخل خط	یوروکی	میکروفلاپر	توربوپلاس
X	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۱	۰/۰۱
K_d	۰/۸۵	۰/۹۲	۳/۵	۳/۸۰



P = پساب تصفیه شده

A = آب چاه ، D,E,T و M : به جای قطره‌چکان‌های داخل خط، یوروکی، توربوپلاس و میکروفلاپر به ترتیب از این علائم استفاده شده است.

شکل ۱. درصدکاهش دبی قطره‌چکان‌ها در آب‌های مختلف (میانگین‌های دارای حرف یکسان اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ ٪ ندارند)

از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح ۵ درصد انجام گرفت، که نتایج به دست آمده در شکل ۱ درج گردیده است. کاهش دبی قطره‌چکان‌ها به هنگام کاربرد پساب بیشتر از آب چاه می‌باشد. اثر پساب در کاهش دبی و در مقایسه با آب چاه در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد. نوع قطره‌چکان نیز بر درصد کاهش دبی مؤثر است. درصد کاهش دبی قطره‌چکان داخل خط در هر کیفیت آب بیشتر از قطره‌چکان‌های دیگر می‌باشد که تفاوت آنها در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشد. در پساب مقداری از مواد آلی به‌صورت محلول است که منبع غذایی مناسبی برای میکروب‌ها و N و P موجود در پساب نیز منبع غذایی مناسبی برای جلبک‌هاست. بنابراین یکی از دلایل کاهش دبی قطره چکان‌ها در هنگام به‌کاربردن پساب می‌تواند وجود لجن حاصل از رشد باکتری‌ها باشد که باعث اتصال ذرات معلق موجود در پساب (شن، لای، رس، مواد آلی، بقایای جلبک‌ها، دیاتومه‌ها و ...) و ایجاد ذرات درشت‌تر می‌شود. پژوهش‌های انجام گرفته قبلی در مورد قطره چکان‌هایی که با پساب کار می‌کردند نیز نشان می‌دهد در ۹۰ درصد از قطره چکان‌ها، عامل مسدود شدن لایه‌های بیولوژیکی یا مواد آلی ناشی از از رشد باکتری‌ها بوده که این لایه‌ها باعث چسبیدن ذرات ماسه و مسیر جریان شدند (۱۴).

با توجه به این‌که تأثیر پساب در کاهش دبی قطره‌چکان‌ها در مقایسه با آب زیرزمینی در سطح ۵ درصد معنی‌دار است بنابراین در موقع استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای تصفیه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک امری ضروری است و طراحی فیلترهای مربوطه توجه ویژه‌ای را می‌طلبد.

نتیجه‌گیری

با توجه به بحث فوق نتایج کلی زیر به‌دست می‌آید:

۱. به جز کبالت که مقدار آن خارج از محدوده استاندارد تعیین

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]
[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]
PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

شـده توسـط سازمان محیط زیست ایران و استاندارد ارائه شده توسـط فائـو مـی‌باشـد بقیه پارامترهای کیفی اندازه‌گیری شده، مـربوط بـه پساب و آب چاه، در محدوده مجاز تعیین شده قرار دارند.

۲. بـا تغییـر نوع آب و نوع قطره‌چکان، یک‌نواختی پخش تغییر مـی‌کـند. در مقایسـه بـین دو نـوع آب مـورد اسـتفاده در این پژوهش شامل پساب و آب چاه، پساب تأثیر بیشتری در کاهش یک‌نواختی پخش قطره‌چکان‌ها داشته است. برای پساب، هم در ابـتدا و هـم در انـتهای آزمـایش‌هـا قطره‌چکان‌های یوروکی و طولانـی مسـیر داخـل خطی به ترتیب دارای بیشترین وکمترین یکنواختی پخش بودند.

۳. حساسیت قطره‌چکان‌های میکروفلاپر و توربوپلاس به تغییر فشـار بسـیار کـم مـی‌باشد. بنابراین در دامنه وسیعی از تغییرها فشـار دبـی آنها نسبتاً یک‌نواخت است. این موضوع برتری این قطـره‌چکـان‌هـا را بـه مـنظور کاربـرد در اراضـی شیب‌دار و با توپوگرافی نامناسب نسبت به دیگر قطره‌چکان‌های مورد بررسی نشان می‌دهد.

۴. در موقع استفاده از پساب در آبیاری قطره‌ای تصفیه فیزیکی، شـیمیایی و بـیولوژیک امری ضروری است و طراحی فیلترهای مربوطه توجه ویژه‌ای را می‌طلبد.

منابع مورد استفاده

۱. باقری، م. ر. ۱۳۷۹.اثرات پساب و سیستم‌های آبیاری بر برخی خواص فیزیکی، شیمیایی و آلودگی خاک تحت کشت چند محصول زراعی، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. تجریشی، م. ۱۳۷۸. ارزیابی مشخصه‌های هیدرولیکی قطره چکان‌های مورد استفاده درآبیاری قطره‌ای (ساخت داخل کشور). مجموعه مقالات دومین کنفرانس هیدرولیک کشور. دانشگاه علم و صنعت ایران ۲: ۲۵۸- ۲۶۵.

۳. توکلی، م. و م. طباطبایی. ۱۳۷۸.آبیاری با فاضلاب‌های تصفیه شده. *مجوعه مقالات همایش جنبه‌های زیست محیطی استفاده از پساب‌ها در آبیاری*، کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، تهران.

٤. حسن‌اقلی، ع. ر.، ع. لیاقت و م. میراب زاده.۱۳۸۱. تغییرات میزان مواد آلی خاک در نتیجه آبیاری با فاضلاب‌های خانگی و خودپالایی آن. *مجله آب و فاضلاب*۴۲: ۲ – ۱۱.

۵. سهرابی، ت. و ن. گازری. ۱۳۷۵.بررسی کارایی آبیاری زیرزمینی با لوله‌های لاستیکی تراوا. مجموعه مقالات دومین کنگره ملی مسایل آب و خاک کشور، وزارت کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران.

٦. عابدی، م. ج. و پ. نجفی. ۱۳۸۰. *استفاده از فاضلاب تصفیه شده در کشاورزی*. انتشارات کمیته ملی آبیاری و زه‌کشی ایران، تهران.

۷. علیزاده، ا. ۱۳۷۲. *اصول طراحی سیستم‌های آبیاری*. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

۸. علیزاده، ا. ۱۳۷۶. *اصول وعملیات آبیاری قطره‌ای*. انتشارات دانشگاه امام رضا(ع)، ۴۵۰ صفحه.

۹. فرزانه، ع. ۱۳۷۵. فعل و انفعالات شیمیایی آب و معضل گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. *مجله آب و ماشین* ۲۲: ۴۵- ۵۱.

۱۰.کهنوجی، م. ۱۳۷۸.تأثیر درجه حرارت آب آبیاری بر دبی چکاننده‌ها در سیستم آبیاری قطره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه‌کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

۱۱.معیدی نیا، ع. ح. ۱۳۷۷.تأثیر ترکیبات شیمیایی مختلف آب آبیاری بر گرفتگی قطره‌چکان‌ها در آبیاری قطره‌ای، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زه کشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۱۲. نجفی، پ.، س. ف. موسوی و م. ج. عابدی. ۱۳۸۱. اثر کاربرد روش آبیاری قطره‌ای در بهبود وضعیت بهره‌برداری از پساب فاضلاب شهری. مجموعه مقالات همایش اثرات زیست محیطی پساب‌های کشاورزی بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، ص ۸۵ تا ۹۲.

۱۳. یارقلی، ب. و ه. هانی. ۱۳۸۱. آبیاری قطره‌ای با پساب برکه‌های تثبیت فاضلاب و حل مشکل گرفتگی قطره‌چکان‌ها. مجله آب و فاضلاب ۳۷: ۵۰– ۵۷.

14. Adin, A. and M. Sacks. 1991. Dripper clogging factors in wastewater irrigation. J. Irrig. and Drain. Eng. 117(6): 813-826.
15. ASAE EP458 DEC97. 1998. Field evaluation of microirrigation systems. ASAE Standard, p. 908-914.
16. Bohrer, M. R. 2000. Drip distribution soil performance and operation in a nothern climate. MSc Thesis, University of Wisconsin-Madison.
17. Chenini, F., D. Xanthoulis, S. Rejeb, B. Molle and K. Zayani. 2001. Impact of using reclaimed wastewaters on trickle and furrow irrigated potatoes. Proc. of ICID International Workshop on Wastewater Reuse Management. 19-20 Sept. 2001, Seoul. Rep. Korea. 174-186.
18. Christiansen, J. E. 1941. The uniformity of application of water by sprinkler system. Agric. Eng. 32(3): 89-99.
19. Karmeli, D. and J. Keller. 1974. Trickle irrigation design parameters. Trans. ASAE. 17(4):678.
20. Pescod, M. B and A. Arar. 1985. Treatment and use of sewage effluent for irrigation. Proc. of the FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Effluent for Irrigation, FAO, Rome, Italy, 388p.
21. Pescod, M. B. 1992. Wastewater treatment and use in agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47, FAO, Rome, Italy, 125p.
22. Ravina, I., E. Paz, Z. Sofer, A. Marcu, A. Schischa, G. Sagi, Z. Yechialy and Y. Lev. 1992. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. Irrig. Sci. 13: 129-139.
23. Ravina, I., E. Paz, Z. Sofer, A. Marcu, A. Schischa, G. Sagi, Z. Yechialy and Y. Lev. 1997. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. Agric. Water Manag. 33: 127-137.
24. Solomon, K. H. 1984. Global uniformity of trikle irrig. systems. Trans. ASAE. 28 (4): 1151-1158.
25. Taylor, H. D. 1992. Microbial fouling of drip irrigation equipment in wastewater reuse system. Ph.D. Thesis. University of Liverpool. U.K.
26. Taylor, H. D., P. K. X. Bastos, H. W. Pearson and D. D. Mara. 1995. Drip irrigation with wastewater stabilisation pond effluents: solving the problem of emitter fouling. Water Sci. and Technol. 31(12): 417-424.
27. Trooien, T. P., F. R. Lamm, L. R. Stone, M. Alam, G. A. Clark, D. H. Rogers and A. J. schlegel. 2000. Subsurface drip irrigation using livestoke wastewater: Dripline flow rates. Appl. Eng. in Agric. 16(5): 505-508.

[Downloaded from jstnar.iut.ac.ir on 2026-11-03]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1383.8.3.3.8]

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com